UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS

CASE POSTALE 6128, SUCCURSALE A, MONTRÉAL, QUÉBEC, H3C 3J7

AMELIORATION INTERACTIVE DE ROUTES A L'AIDE D'UN OUTIL GRAPHIQUE EN COULEURS

par

Serge Lafrance et Guy Lapalme

Ce rapport a été publié grâce à une subvention du fonds F.C.A.C. pour l'aide et le soutien à la recherche.

Université de Montréal
Centre de recherche sur les transports - Publication #267
Octobre 1982

Dépôt légal - 4e trimestre 1982

RÉSUMÉ

Depuis quelques années déjà, nous sommes impliqués dans le développement d'un système de construction de parcours d'autobus scolaires; ce système fonctionne avec succès, mais les résultats doivent quand même être évalués "à la main" (ou plutôt à l'oeil). Afin de faciliter cette tâche fastidieuse, nous avons conçu une station de travail basée sur un écran couleurs à haute résolution. Le réseau routier et les parcours y sont affichés et, grâce à une interface facile, des évaluations et des modifications rapides peuvent être effectuées: par exemple, le réordonnancement des arrêts d'un parcours, la création de nouveaux parcours, l'échange d'arrêts entre les parcours. Certaines commandes permettent également de contrôler l'affichage. L'utilisation de ce système s'est révélé très avantageuse tant au point de vue coût qu'au point de vue temps.

- - - - - - - - - - - - -

ABSTRACT

For a few years now, we have successfully built an automatic school bus routing system, but the results of the algorithms must still be evaluated "by hand" ("by eye would be more appropriate). To ease this tedious task, we have designed a system built around a high resolution color graphic work station. The road network and the routes are displayed and, through an easy interface, rapid evaluations and modifications can be done: i.e. reordering the stops in a route, creating new routes, exchanging stops between routes. Commands are also provided to control the display to enhance certain parts of the display and to remove temporarily certain routes from the display. This system has proven itself very effective both in terms of time and cost.

TABLE DES MATIÈRES

I - Introduction. 1

II - Les besoins informatiques 1

A - La surface de travail 3

B - La vitesse de traçage 3

C - Les paramètres de l'image 4

D - Infrastructure. 4

III - Une application au transport scolaire 5

A - Les aspects majeurs 5

B - Les principales structures de données 5

C - Le choix des couleurs 7

D - Les représentations graphiques. 10

E - L'utilisation du programme et les commandes interactives. . . 10

F - Exemples. 15

G - L'implantation. 16

IV - Prise de vue photographique 18

V - Développement à venir 19

VI - Conclusion. 20

Remerciements 21

- - - - - - - - - - - - - - - -

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Questions principales 12

Tableau 2 - Les trois commandes de modification 13

Tableau 3 - Les sept commandes d'affichage. 14

- - - - - - - - - - - - - - - -

Les figures 1 à 13 consistent en une suite de diapositives; des copies sont disponibles sur demande auprès des auteurs.

I - INTRODUCTION

Nous avons maintenant à notre disposition toute une panoplie d'algorithmes pour nous aider à résoudre différents problèmes. Mais il est important de pouvoir évaluer "à la main" les solutions obtenues afin de tenir compte de facteurs ignorés dans la formulation initiale du problème ou encore pour choisir entre plusieurs possibilités engendrées par des méthodes heuristiques. Ces dernières sont souvent utilisées dans les problèmes réels lorsqu'il n'existe pas d'algorithme de résolution optimal ou qu'il serait trop coûteux de l'employer.

Les ordinateurs peuvent sortir des "tonnes" de chiffres décrivant en détail les solutions, mais comment les évaluer rapidement? Passer à travers tous ces chiffres devient très fastidieux et presqu'aussi difficile que de résoudre le problème initial. Une façon de condenser les résultats est d'utiliser le graphisme pour les représenter, l'oeil humain pourra alors y déceler des tendances, faire des comparaisons rapides, etc... Ces méthodes ont été utilisées avec succès dans plusieurs domaines, mais dans les problèmes de construction de parcours (d'autobus ou de camions), une telle approche n'a donné que des résultats mitigés car il reste encore beaucoup trop d'informations à afficher en même temps afin de permettre une bonne évaluation de la solution.

Ces problèmes peuvent se résumer ainsi: il y a un certain nombre de points dans un territoire donné où il faut passer avec un (ou des) véhicules et il s'agit de déterminer l'itinéraire de chacun d'eux tout en respectant des contraintes de distance maximum, de capacité du véhicule, de temps de parcours etc... Nous avons déjà développé des algorithmes permettant

d'obtenir des solutions acceptables à ce problème dans le cadre du transport scolaire, mais restait la question de l'évaluation et de la modification de ces parcours.

Le seul moyen d'évaluation à notre disposition était de tracer à la main, sur une carte du territoire, la suite des points composant un parcours; l'oeil pouvait alors déceler des irrégularités (des parcours revenant sur eux-mêmes, se croisant, ...) qui étaient ignorées par les algorithmes ne disposant pas de tous les éléments de la composante spatiale de la solution. Ce traçage est extrêmement fastidieux et les modifications dans ce cadre deviennent à toutes fins pratiques impossibles: il s'agit de modifier plusieurs fichiers en prenant bien soin d'en assurer la cohérence.

Nous avons donc pensé utiliser des écrans graphiques permettant d'afficher les résultats: les différents parcours surimposés à une région du territoire. Les premiers essais sur un écran monochrome furent assez décevants car il était très difficile de distinguer le tracé du réseau de celui des différents parcours et même ceux des parcours entre eux. L'utilisation des couleurs s'est imposée très rapidement car elle permet justement d'ajouter une troisième dimension au traçage; on garde alors la composante géographique à deux dimensions et la couleur permet de séparer les différents éléments entre eux.

Pour ce, nous avons mis au point un programme d'application en Pascal permettant d'afficher les parcours, de les modifier à l'aide d'un ensemble de commandes graphiques et d'assurer la mise à jour des informations associées aux différents parcours. La syntaxe des commandes est simple et permet un ensemble varié d'opérations sur les parcours tracés. Cette méthode manuelle

d'évaluation et d'amélioration des parcours sera expliquée en détail un peu plus loin dans le texte, lorsque nous décrirons le fonctionnement du programme.

II - LES BESOINS INFORMATIQUES

A - La surface de traçage

Le traçage des réseaux routiers et des parcours d'autobus nécessite une grande surface de travail ainsi qu'une haute résolution. L'appareil que nous utilisons a une résolution possible de 1024 x 768 pixels sur une surface de 37 x 25 cm. Cette surface graphique doit être utilisée de manière optimale afin d'y présenter le plus d'informations possible. Toutefois, la densité d'informations ne doit pas dépasser un certain seuil afin que l'usager puisse reconnaître et distinguer facilement chaque élément de l'image.

Nous entendons ici par informations, tous renseignements significatifs permettant d'évaluer un problème de transport. Ceci inclut autant le tracé des réseaux et des parcours que l'écriture de texte décrivant la situation et les paramètres variables associés au problème traité: nom de la région, nombre d'arrêts d'autobus, nombre d'édudiants, numéro de parcours, échelle de traçage, etc...

B - La vitesse de traçage

Puisque ce programme est interactif, il est indispensable d'avoir une bonne vitesse de traçage et un rafraîchissement rapide de l'écran. Cette restriction nous a fait choisir un appareil où la majorité des opérations graphiques de base s'effectuent localement. Nous travaillons avec l'appareil graphique spécialisé CHROMATICS CGC 7900.

C - Les paramètres de l'image

L'essentiel du traçage dans les travaux de recherche et d'application sur les transports est la combinaison et l'agencement de plusieurs routes ou secteurs distribués sur une même région. Il est alors nécessaire de pouvoir bien distinguer les différentes composantes afin d'évaluer facilement les multiples interactions.

On peut considérer qu'il y a trois variables principales pour faire ressortir distinctement les différentes composantes d'une image, ce sont la forme, la dimension et la couleur. Quant à la variable couleur, elle impose l'utilisation d'un appareil un peu plus sophistiqué que celle travaillant uniquement avec des tracés monochromatiques. Aussi, le choix des couleurs doit se faire de manière systématique en fonction des différentes applications.

D - Infrastructure

Nous entreprenons la mise en place d'une infrastructure logiciel-matériel basée sur un système avec écran couleurs de haute résolution qui permettra d'évaluer et de modifier rapidement les solutions obtenues par d'autres algorithmes. Ceci implique de concevoir une interface avec l'usager qui soit simple et efficace.

III - UNE APPLICATION AU TRANSPORT SCOLAIRE

A - Les aspects majeurs

Le programme d'application pour le transport scolaire que nous avons mis au point considère d'abord cinq aspects majeurs à résoudre:

1. Les structures données utilisées pour traiter les réseaux routiers et les parcours.
2. Le choix des couleurs dans le traçage des réseaux, des parcours, des informations et de la surface du fond de l'écran.
3. Le traçage et la représentation de l'information.
4. Les commandes graphiques interactives et les opérations de mise à jour des données qui leur sont associées.
5. L'implantation.

Nous décrivons ci-dessous chacun de ces aspects tels que nous les avons considérés dans le développement de notre programme et nous discutons sommairement les éventuelles améliorations autant du point de vue théorique que du point de vue pratique.

B - Les principales structures de données

Notre programme a essentiellement comme tâche d'évaluer et d'améliorer les solutions déjà obtenues par d'autres algorithmes. Ainsi, nous lisons avec un format fixe les informations contenant les noeuds, les arcs, les positions des écoles et des points de correspondance ainsi que les descriptions de parcours générés par les autres algorithmes.

Les deux fichiers de données en entrée sont les suivants:

1. Un fichier contenant les coordonnées des noeuds et des arcs qui décrivent les routes principales de la région à traiter. De plus, ce fichier contient les positions des écoles et des points de correspondance. Ce fichier constitue le réseau interne et, une fois tracé, il peut aider l'usager à situer géographiquement la région qu'il doit traiter.
2. Un fichier contenant la liste des arcs décrivant les différents parcours ou itinéraires que les autobus empruntent. Ce fichier contient également toutes les informations associées aux parcours: distance entre les arrêts d'autobus, distance totale d'un parcours, nombre total d'élèves sur un parcours, horaires, type de parcours (urbain ou rural), etc.

Puisque les données contenues dans le fichier de description des parcours sont destinées à être modifiées par le programme, nous utilisons un autre fichier de travail qui nous permettra de conserver les données modifiées sur les parcours traités par le programme. En réalité, chaque fois que l'usager choisit des parcours à modifier dans le fichier de description des parcours, le programme se charge automatiquement de conserver sur un autre fichier les parcours non choisis et d'effectuer parallèlement un chaînage des parcours à modifier avec toutes les informations associées dans des tableaux d'enregistrements(voir les schémas). Une fois les modifications exécutées, toutes les informations des parcours chaînés et éventuellement modifiés sont ajoutés à la fin du fichier de travail qui contenait la liste des parcours non modifiés. Ainsi nous obtenons un nouveau fichier avec la description des parcours dernièrement modifiés. A ce point, le rôle des deux fichiers, l'ancien et le nouveau, s'inverse et on est prêt à une nouvelle série de modifications.

L'utilisation de tableaux pour chaîner les parcours et les informations qui leur sont rattachées est qualifiable par le fait que le nombre de parcours simultanément affichables et modifiables est nécessairement restreint. Cette limite évite un encombrement d'informations sur l'écran, mais doit quand même permettre d'avoir une vue d'ensemble assez complète des parcours rencontrés dans une région donnée.

Parmi les structures de données utilisées, signalons un tableau d'enregistrements contenant les codes de couleurs et un autre tableau d'enregistrements servant à mémoriser les différents paramètres décrivant les modifications effectuées sur les parcours. Nous reviendrons sur l'utilité des structures de données choisies lorsque nous décrirons les commandes interactives du programme.

C - Le choix des couleurs

Plusieurs critères doivent entrer en considération dans le choix et l'utilisation des couleurs: les contrastes, les illusions, le fond, l'interprétation subjective, les réactions physiologiques, la fatigue nerveuse, etc.

Nous admettons que l'usager a des réactions normales aux couleurs, i.e. qu'il n'est pas daltonien ou n'a pas de malformation ou maladie pouvant affecter sérieusement son travail de reconnaissance des couleurs. Il faut toutefois savoir qu'environ 4% des gens ont des problèmes de vision concernant d'une manière ou d'une autre la perception des couleurs.

Le critère concernant les illusions est très complexe et concerne surtout les travaux artistiques. Nous nous sommes donc limités à considérer surtout les contrastes entre les couleurs et l'effet produit par le fond de

la surface de l'écran.

L'expérience a démontré qu'en utilisant un fond de couleur neutre (se rapprochant du gris), un plus grand nombre de couleurs sur une même surface pouvait être distingué. Le gris, selon le modèle RGB correspond aux codes de couleurs où les quantités respectives de rouge, de vert et de bleu sont égales. Pour demeurer dans un ton relativement neutre, il faut maintenir au moins deux des couleurs en quantité égale. La troisième quantité de couleurs peut s'écarter légèrement des deux autres sans trop faire perdre la neutralité de la couleur résultante. Gris, gris-rouge, gris-vert et gris-bleu sont des couleurs efficaces pour faire ressortir le plus de couleurs distinctes sur l'écran. Le gris-rouge pourrait être un peu fatigant à la longue. Dans notre application, nous avons travaillé, la plupart du temps, avec des fonds gris et gris-vert et un peu en gris-rouge et gris-bleu.

Un fond blanc ou noir est totalement déconseillé pour le travail interactif sur écran en couleurs. L'oeil se fatigue trop vite sous l'effet éclatant du blanc et le noir étant une absence de couleur selon une synthèse additive, toutes les couleurs apparaissant sur l'écran agissent de manière violente en contraste avec le fond.

Les couleurs utilisées pour tracer des parcours, des réseaux de routes, du texte, des caractères pour les informations doivent essentiellement être contrastantes par rapport au fond et entre elles. Afin de faire ressortir chaque composante apparaissant sur l'écran de manière à les distinguer sans difficulté les unes des autres, nous avons choisi une couleur relativement peu contrastante par rapport au fond pour tracer les réseaux de routes puisqu'il ne sont que comme point de référence dans le processus de modification des parcours. Ce réseau devra être assez bien reconnaissable

sans toutefois nuire à la lecture des parcours et des informations associées. Le choix des couleurs pour les parcours et les informations associées est le plus important et se limite au nombre maximum de parcours affichables sur l'écran.

En s'appuyant quelque peu sur la théorie des couleurs de Goethe et sur des expériences accumulées lors des tests, on a décidé que chaque nouvelle couleur apparaissant sur l'écran pour tracer un parcours serait la couleur complémentaire de la précédente. Le premier et le dernier parcours affichables sont respectivement blanc et noir. Ceci est le signal, soit du début du traçage (blanc), soit que l'on a atteint le maximum de parcours affichables(noir).

L'ensemble des codes des couleurs contrastantes pour les parcours est prédéfini dans une procédure d'initialisation. Il a été déterminé préalablement à l'aide d'un autre programme adapté à cette fin.

Nous avons mis au point une procédure permettant de générer de manière contrôlée les codes de couleurs selon le modèle RGB. A partir d'une table de 256 couleurs affichables simultanément, nous pouvons faire un choix approprié selon nos besoins. Le système RGB, implanté sur CHROMATICS, permet de définir environ 16 millions de codes de couleurs (256^3). Toutefois, l'appareil que nous utilisons ne peut en afficher que 256 à la fois. Un tel programme pour contrôler la génération des couleurs est essentiel pour une utilisation optimale d'un écran graphique en couelurs. Les figures 1 et 2 montrent un exemple de choix de couleurs. La figure 3 donne l'éventail des couleurs choisies pour notre application.

D - Les représentations graphiques

Lorsque le programme trace les itinéraires d'autobus scolaires, l'usager doit pouvoir distinguer entre deux types de parcours: rural et urbain. Le type rural (figure 4) est composé de segments de ramassage (distance parcourue par l'autobus sur un arc sur lequel un nombre déterminé d'étudiants doivent être ramassés) que le programme trace en traits plus larges que les lignes de raccordement entre les dits segments. Le nombre total d'étudiants est inscrit près du milieu d'un segment et totalise tous les étudiants des arrêts du segment. Le type urbain (figure 5) est composé d'arrêts de ramassage que le programme représente par de petits cercles. Ces arrêts sont reliés entre eux par de minces lignes de raccordement. Le nombre d'étudiants à chaque arrêt est inscrit.

Notons que les lignes de raccordement ne représentent pas le chemin réel emprunté par l'autobus, mais simplement la plus courte ligne entre deux points d'arrêt ou de segments. Chaque segment ou arrêt d'un parcours est numéroté dans l'ordre de ramassage et 1 à n où n est le nombre de segments ou d'arrêts du parcours considéré. De plus, les numéros de parcours et le nombre d'étudiants de chaque parcours sont inscrits à l'extrême droite du cadre.

E - L'utilisation du programme et les commandes interactives

Le fonctionnement du programme est basé sur le principe simple de "questions - réponses - résultats" interactifs. L'usager tape une ligne qui est analysée par le programme qui effectue ensuite les appels et procédures appropriées. Si l'on ne rencontre pas d'erreur pendant l'analyse, le programme

exécute les commandes ou instructions demandées par l'usager. Sinon, des messages d'erreur appropriés sont envoyés à l'usager.

Dans notre application sur le transport scolaire, les questions principales sont:

1. Quels sont les parcours que l'usager veut afficher sur l'écran?
2. Est-ce que les écoles et/ou les points de correspondance associés aux parcours demandés doivent être inclus dans le cadre de traçage de l'écran graphique?
3. Est-ce que l'usager désire effectuer des commandes interactives lui permettant de faire des modifications sur les parcours demandés?
4. Est-ce que l'usager veut conserver les modifications effectuées sur les derniers parcours demandés?

Le tableau 1 ci-dessous décrit le format et l'interprétation des questions-réponses telles que l'usager les utilise.

Le cadrage est calculé par le programme en fonction des réponses données aux questions 1 et 2 et détermine les noeuds, les arcs, les écoles et les correspondances qui apparaîtront dans le cadre de l'écran. En ce qui nous concerne, le cadre de l'écran, la fenêtre (window) et la clôture (viewpoint) sont de mêmes dimensions.

Parmi les dix commandes interactives utilisées dans notre programme, il y en a trois qui concernent directement l'amélioration des parcours. La syntaxe de ces trois commandes de modification et leur interprétation sont décrites dans le tableau 2.

TABLEAU 1 - Questions principales

Questions	Significations	Réponses
Parcours?	Quels sont les parcours que l'usager veut afficher sur l'écran en couleurs?	Les numéros de parcours doivent être inscrits sur une seule ligne et doivent être séparés par au moins un blanc lorsqu'il y en a plusieurs à énumérer séparément. Les numéros de parcours consécutifs peuvent être inscrits par intervalles en mettant un tiret "–" entre les numéros. Exemples: 101 seul le parcours 101 est demandé. 98 101-105 les parcours 98 et 101 à 105 sont demandés. L'usager peut terminer le programme en tapant "f".
Cadrer école(s) et/ou transfert(s) (o ou n)?	Les écoles et/ou les transferts associés aux parcours demandés doivent-ils être inclus dans le cadre de traçage de l'écran graphique?	o ⟶ oui n ⟶ non
modifications (o ou n)?	L'usager désire-til effectuer des modifications sur les parcours demandés	o ⟶ oui n ⟶ non
Conserver les modifications (o ou n)?	L'usager désire-t modifications effectuées sur les derniers parcours demandés?	o ⟶ oui n ⟶ non

TABLEAU 2

Les trois commandes de modification

Convention: Tout ce qui se trouve entre crochets [.] est optionnel.

Syntaxe des commandes	Interprétations
...m #1.A [B][-]>#2.C	Modifications des parcours numéro "#1" et numéro "#2", i.e. insertion de l'arrêt "A" jusqu'à l'arrêt "B" inclusivement du parcours "#1" après l'arrêt "C" du parcours "#2". (*) Lorsque l'on désire insérer un seul arrêt on peut omettre l'arrêt "B" du parcours "#1". L'arrêt "B" ou l'arrêt "C" indiqué par un astérisque "*" signifie le dernier arrêt du parcours considéré. Un tiret "–" placé devant le symbole ">" indique que l'on inverse l'ordre d'insertion des arrêts (donnés par l'usager) du parcours "#1". Les arrêts insérés ne font plus partie du parcours "#1".
...c #1.A [B][-]>#2	Création du parcours numéro "#2" à partir du parcours numéro "#1", i.e. insertion de l'arrêt "A" jusqu'à l'arrêt "B" inclusivement du parcours "#1" dans le parcours "#2" nouvellement créé. (*) voir à la commande précédente tout ce qui suit "(*)".
...o #p #[-*].....	Réordonnancement du parcours numéro "#p" selon le nouvel ordre indiqué par les numéros d'arrêts "*". La convention de numération des arrêts est la même que celle des parcurs. Exemple: o 101 * 10 9 3-8 2 1 réordonne le parcours 101 de la manière suivante: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 . . . . 11 10 9 3 4 5 6 7 8 2 1 Après cette commande, la commande "b" pour annuler n'est plus effective tant qu'il n'y a pas d'autres modifications ou créations.

Les autres commandes (voir tableau 3) permettent de contrôler l'affichage et de faciliter le travail d'évaluation.

TABLEAU 3

Les sept commandes d'affichage

Syntaxe des commandes	Interprétations
...li	Affichage des informations (sous forme de tableau) pertinentes décrivant tous les parcours demandés ou créés par l'usager.
...li #	Affichage (dans l'ordre de ramassage) des nombres d'étudiants à chaque arrêt du parcours numéro "#".
...i #1.....#n	Rend invisibles les parcours "#1.....#n" énumérés mais ne les détruit pas
...v #1.....#n	Rend visibles ou simplement trace les parcours "#1.....#n" énumérés.
...s #1 #2	Echange les couleurs entre les parcours "#1" et "#2". Cette commande permet de disposer les couleurs des parcours de manière plus contrastante entre eux.
...b	Annule la dernière modification ou création de parcours jusqu'à concurrence des cinq dernières consécutives en exécutant les opérations inverses de la dite dernière.
...t	Retrace le réseau routier et tous les parcours demandés et créés ainsi que les informations associées.

F - Exemples de modifications de parcours

Pour illustrer clairement l'utilisation des trois commandes principales, nous décrivons deux exemples d'utilisation interactive du programme.

Exemple 1 : (voir les figures 3 - 6): modification sur des parcours de type urbain de la région de Saint-Jean d'Iberville (Commission Scolaire Honoré-Mercier).

```
parcours ?  2   8
cadres école(s) et/ou correspondance(s) (o ou n)? n
modifications ? o
m 2.1,5 → 8.5                                (fig. 6)
m 8.11,12 → 2.0                              (fig. 7)
o 2 1 2 5 4 3 6 8 7 9 - *                    (fig. 8)
f                                            (fig. 9)
... conserver les modifications (o ou n) ? o
```

Exemple 2 : (voir les figures 7 - 10): modifications sur des parcours de type rural de la région de Drummondville.

```
parcours ?  15  16
cadrer école(s) et/ou correspondance(s) (o ou n) ? n
modifications ? o
c 15.5,7 > 30                                (fig.10)
m 16.1,2 > 30.0                              (fig.11)
o 15 4 3 2 1 5 - *                           (fig.12)
f
conserver les modifications (o ou n) ? o     (fig.13)
parcours ? f                    (fin de la session)
```

Les exemples ci-dessus ne produisent pas nécessairement des résultats applicables. Ils ne font qu'illustrer le fonctionnement des commandes.

A chaque modification, il y a mise à jour de toutes les informations

associées aux nouveaux parcours. Ceci implique l'accès continuel aux structudes données du programme qui permettent le chaînage des parcours dans les tableaux d'enregistrements.

Toutefois, nous ne calculons pas les nouvelles distances des parcours dans le programme. Les distances modifiées sont simplement changées en leurs valeurs négatives correspondantes. Un post-traitement du fichier de description des parcours fera le calcul des nouvelles distances d'un seul coup.

G - Implantation

Nous avons mis au point le programme en Pascal sur l'ordinateur CYBER 173 du Centre de calcul de l'Université de Montréal. Une ligne de communication liait le CYBER au terminal spécialisé CHROMATICS servant pour le traçage. Le programme générait en sortie du CYBER essentiellement du code interprétable graphiquement (en mode ASCII) par le matériel du terminal CHROMATICS.

Nous étions reliés à l'ordinateur par une ligne de 4800 bauds, ce qui avait pour effet que le traçage se faisait à une vitesse relativement lente, le terminal devant attendre les commandes. En conservant ces commandes en mémoire locale, leur accès est très rapide car il n'a pas à passer par la ligne de communication.

L'appareil CHROMATICS permet d'utiliser une mémoire tampon (buffer) qui peut être subdivisée en sous-tampons (sub-buffers). Toutes les opérations graphiques peuvent être retenues dans ce tampon. Le contrôle du traçage est alors facilité par une utilisation optimale de ce tampon. On peut ajouter ou retrancher des sous-tampons ou tampons. Chaque sous-tampon peut contenir une ou plusieurs opérations graphiques, lesquelles peuvent être déclanchées en donnant le numéro du tampon. On peut aussi changer le contenu d'un sous-tampon. Quelques caractères seulement indiquent quel tampon nous voulons utiliser et permettent donc de déclencher une grande suite de commandes graphiques.

Un réseau routier de base pouvant contenir quelques milliers de segments ne change pas durant le cours des modifications. Il est alors intéressant de conserver en local les commandes permettant de le tracer dès sa première utilisation. Par la suite, il suffira d'appeler ces commandes pour avoir un traçage à la vitesse maximale du terminal, ce qui est très rapide.

Toutefois, l'insertion d'un sous-tampon entre le $n^{ième}$ sous-tampon et le suivant nécessite le déplacement de tous les sous-tampons à partir du $n^{ième}$ vers le bas du tampon. Ceci peut ralentir un peu le programme lorsque l'on insère au tout début d'un tampon assez plein.

L'utilisation systématique du tampon dans nos applications a révélé plusieurs avantages:

1. affichage structuré,
2. accès rapide et simple aux parties d'un dessin,
3. réutilisation des commandes graphiques par accès aux sous-tampons,
4. cataloguage du tampon.

Le tampon décrivant une application peut être directement catalogué sur un fichier. Ce fichier contient alors toute l'information permettant d'afficher l'application qui y correspond. Il suffit de le lister et le matériel interprétera graphiquement le contenu du fichier.

Idéalement, il est préférable que le programme soit structuré de manière à ce que les opérations graphiques soient isolées dans des procédures séparées. Ceci permet une utilisation plus modulaire du programme.

IV - PRISE DE VUE PHOTOGRAPHIQUE

Il est important de pouvoir obtenir des photographies ou des diapositives de qualité à partir des résultats obtenus sur l'écran. Les raisons justifiant ce besoin sont diverses, mais concernent surtout le problème de la diffusion à grande ou à petite échelles: rapports techniques, articles de revues, conférences, publicité, etc.

Les difficultés principales sont liées à la production des couleurs par les procédés chimiques utilisés lors du développement. Les essais que nous avons réalisés démontrent clairement que les couleurs obtenues à l'aide des techniques photographiques habituelles ne peuvent rendre exactement les couleurs que l'on voit directement sur l'écran. Les résultats sont toutefois acceptables mais peuvent parfois surprendre en ce qui concerne les contrastes de couleurs et la distinction entre des couleurs semblables.

Si un besoin de grandes précisions se fait sentir, il faudra utiliser des techniques photographiques et d'impression un peu plus sophistiquées, comme celles utilisées dans la production d'affiches publicitaires ou de films d'animation.

V - DÉVELOPPEMENT À VENIR

La mise au point graphique du programme a été faite à l'aide d'une ligne de communication entre le CYBER 173 et le CHROMATICS "7900". Le système d'exploitation sur le CHROMATICS ne nous a pas encore permis de compiler le programme en Pascal en un seul bloc. Il semble y avoir des problèmes de segmentation et d'adressage lorsque le programme atteint une certaine taille. Toutefois, ce problème aura peut-être une solution dans un avenir proche en utilisant d'autres techniques de compilation.

Le fait de pouvoir exécuter le programme directement sur le CHROMATICS a plusieurs avantages. Nous nous libérons alors du système à temps partagé sur le CYBER. Notre appareil graphique peut servir exclusivement à une tâche interactive. La vitesse d'exécution est alors accélérée et ne dépend d'aucun autre usager. De plus, l'expérimentation d'autres modes d'interaction (i.e. le pointage graphique) ne pourra jouer son plein rôle que sous cette condition.

Plusieurs améliorations du point de vue graphique peuvent être réalisées. Il serait intéressant de pouvoir contrôler interactivement les couleurs à l'aide du "JOYSTICK" et d'opérer des modifications de parcours à l'aide d'un "photostyle". A l'aide d'un système de cadrage, de fenêtre, de clôture et de nettoyage de l'écran un peu plus sophistiqué et à l'aide d'un menu, on pourrait élargir l'éventail des commandes et rendre le travail

d'évaluation et de modification très agréable pour l'usager.

Un dernier aspect à soulever est l'intégration d'un appareil graphique en couleurs dans les systèmes déjà existants. Plusieurs programmes interactifs ont déjà été mis au point sur des appareils monochromatiques. Il serait très avantageux d'adapter ces programmes en y ajoutant des procédures pour contrôler les couleurs et intégrables avec un nouvel outil. Quelques essais ont été faits dans ce sens au C.R.T.

VI - CONCLUSION

Le traitement graphique interactif permet un contrôle dynamique du contenu, du format, de la dimension et des couleurs des images affichées sur un écran. Le système de présentation utilisant les processus de reconnaissance par l'image nous permettra de percevoir et d'utiliser plusieurs types de données très rapidement et efficacement. Des images bien structurées facilitent l'assimilation de l'essence d'une idée ou d'une situation. En utilisant une judicieuse combinaison de texte, d'images statiques et dynamiques, il devient possible d'obtenir une communication entre l'homme et la machine qui soit souple, efficace et précise.

Dans notre application sur le transport scolaire, le graphisme interactif par ordinateur s'est révélé être un outil très efficace. La haute vitesse d'évaluation et la facilité de modification des parcours d'autobus démontrent, sans aucun doute, que l'outil interactif en couleurs est le chemin vers les développements futurs dans les recherches et les applications sur les transports.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toute l'équipe TRANSCOL pour sa collaboration à ce projet, en particulier Jean-Marc Rousseau et Jacques Ferland, pour y avoir cru et avoir investi les sommes nécessaires pour l'acquisition de l'équipement. Nous remercions également Luc Chapleau, Anne Boutin et Dominique Caron pour avoir servi de cobayes pour les versions préliminaires du système.